



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 64 865 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 82 B 3/00**  
H 01 B 5/02

⑰ Aktenzeichen: 100 64 865.7  
⑳ Anmeldetag: 25. 12. 2000  
㉓ Offenlegungstag: 4. 7. 2002

**DE 100 64 865 A 1**

⑦① **Anmelder:**

Graff, Andreas, Dr., 01187 Dresden, DE; Kreibitz,  
Uwe, Prof. Dr., 52062 Aachen, DE; Wagner, Dieter,  
52064 Aachen, DE

⑦② **Erfinder:**

gleich Anmelder

⑥⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE 42 44 354 C2  
DE 100 13 013 A1

Dickson R.M; Unidirectional plasma propagation in  
metallic nano wires. J.Phys. Chem. B. July 2000,  
Vol. 104, Nr. 26, S. 6095-98 (abstract) INSPE  
online (rech. am 19.,07. in EPOQUE);

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Verfahren zur Herstellung und Anwendung von Nanodrähten**

**DE 100 64 865 A 1**

[0001] Im Rahmen der allgemeinen Miniaturisierung von elektronischen Bauelementen, treten, je weiter man in den Submikrometerbereich vorstößt, immer stärker Eigenschaften der betreffenden Bauteile auf, die sich zum Teil erheblich von denen des kompakten festen Körpers des gleichen Materials unterscheiden. Zur Anwendung kommen bisher Nanopartikel, die in drei Raumrichtungen Abmessungen im Nanometerbereich haben und dünne Schichten, deren Abmessungen in einer Raumrichtung im Nanometerbereich liegen.

[0002] Im Zuge der ständigen Bemühungen zur Verkleinerung elektronischer Bauelemente, z. B. für die Informationstechnologie nimmt auch der Bedarf an Drähten mit Dicken im Submikrometerbereich zu.

[0003] So können z. B. bei Schaltkreisen unter 100 nm Verbindungsstellen in der Größenordnung unter 50 nm erforderlich sein.

[0004] Bisherige Verfahren zur Erzeugung von Nanodrähten bestehen darin, daß an Stufenversetzungen Metallatome angelagert werden, oder daß ultradünne Proteinfäden metallisiert werden.

[0005] Dabei ist zu erwarten, daß die Spezifische Leitfähigkeit sich signifikant von der des massiven Drahtes unterscheidet. Neuartige Leitfähigkeitsmechanismen hat man beispielsweise aus Experimenten an Kohlenstoffnanotubedrähten bereits gefunden.

[0006] Ziel der Erfindung ist es annähernd eindimensionale metallische Körper zu schaffen, die sich aufgrund ihrer geringen Abmessungen in Bezug auf ihre spezifische Leitfähigkeit und elektrischen Eigenschaften deutlich von der des massiven Körpers aus dem gleichen Material unterscheiden.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß durch eine chemische Reaktion von Metallionen in einer Lösung Keime gebildet werden, die im weiteren Verlauf der Reaktion zu Drähten anwachsen. Die sich bildenden metallischen Drähte weisen Durchmesser im Nanometerbereich auf und ein Verhältnis von Länge zu Durchmesser größer als 200.

[0008] Weitere Ziele der Erfindung sind die Anwendung dieser kleinen Drähte für eine elektrische Kontaktierung von elektronischen Bauelementen, so wie optoelektronischen Bauelementen. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Herstellung von Nanodrähten, besteht darin, daß so viel Silbernitrat in einen Liter destilliertem Wasser gelöst wird, daß die Menge der Silberionen 7,5 mg beträgt. Anschließend wird hierin noch 30 mg Natriumcitrat aufgelöst und noch 1 ml einer 2%  $\text{NH}_3$ -Lösung hinzugegeben. Darauf wird die Lösung so lange bei 100°C gekocht, bis eine Trübung einsetzt. Nach Abschluß der Reaktion befinden sich in der verbleibenden Flüssigkeit Drähte aus Silber mit einem Durchmesser um 20 nm und einer Länge von bis zu 1000 nm, zusätzlich werden dabei kugelhähnliche Nanopartikel erzeugt.

[0009] Durch einen Filter können nun die Nanodrähte von den rundlichen Nanopartikeln separiert werden. Der Filtersatz, hauptsächlich bestehend aus Nanodrähten wird nun in Wasser eingebracht und die Flüssigkeit wieder bis zum siedend erhitzt. Durch langsames Zutropfen einer Silbernitratlösung und der entsprechenden Menge an Natriumcitrat, läßt man die Nanodrähte wachsen.

[0010] Vorteilhaft für das Wachstum der Nanodrähte ist, die Konzentration der Metallione um die wachsenden Enden der Nanodrähte zu erhöhen. Dies geschieht Erfindungsgemäß dadurch, daß sich die Drähte in einem Elektrischen Feld befinden. Durch die Potentialdifferenz auf der Länge eines Drahtes wirkt das Ende des Drahtes, das dem Pluspol zugewandt ist stärker Anziehend auf die Metallione.

[0011] Besonders vorteilhaft ist, wenn die Drahtenden elektrisch mit dem Minuspol einer Stromquelle kontaktiert sind. Am freien Ende des Nanodrahtes kann so unter Zuhilfenahme des elektrischen Stromes der Draht wachsen.

[0012] Da die Nanodrähte in einem Durchmesserbereich liegen, der wesentlich kleiner ist, als die Wellenlänge des Lichtes, können diese mit den üblichen Lichtmikroskopen im Aufsicht oder Durchlicht nicht detektiert werden.

[0013] Erfindungsgemäß erfolgt die Sichtbarmachung der Nanodrähte durch Streulicht. Als Ausführung hierzu werden die Nanodrähte Fig. 1; 4, die sich auf einem Objektträger 1 eines Lichtmikroskopes 2 befinden mit einer Dunkelfeldbeläuchung 3 im Durchlicht betrachtet. Durch die seitliche Dunkelfeldbeläuchung 3 geht vom Nanodraht 4 Streulicht 5 aus, was mit Hilfe eines Lichtmikroskopes 2 beobachtet wird. Dadurch kann der Nanodraht 4 mit Hilfe eines Drahtes 6 der sich zwischen dem Objektiv des Lichtmikroskopes 2 und dem Objektträger 1 befindet, auf dem Objektträger verschoben werden.

[0014] Auch läßt sich ein Draht mit geringem Durchmesser als Leiter für Plasmonen nutzen.

[0015] Fallen auf einen metallischen Festkörper Photonen, so werden in diesem Plasmonen, erzeugt. Diese sind Anregungen der Elektronen in einem metallischen Festkörper, wobei sich diese Störung dann als Plasmonen fortpflanzen kann. Jedoch ist in massiven Festkörpern die Dämpfung für Plasmonen derartig groß, daß deren Reichweite praktisch gegen Null geht. Bekannt ist, daß je kleiner die Strukturen werden, desto geringer die Dämpfung für Plasmonen wird.

[0016] Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, Strukturen zu schaffen, die es erlauben Plasmonen zu leiten.

[0017] Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß für die Plasmonenleitung ein Nanodraht verwendet wird. Vorteilhaft sollte dieser Draht frei sein, oder zumindest nur von einem Nichtleiter umgeben sein.

[0018] Ein Ausführungsbeispiel um Plasmonen zu leiten, besteht darin, daß hierzu ein Nanodraht mit anregungsreichem und Austrittsbereich und einem Mittel zur Anregung eines Plasmons versehen wird.

[0019] Ein Nanodraht Fig. 2; 1 wird an seinem Ende 2 mit Laserlicht 3 bestrahlt. Hierdurch werden Plasmonen im Nanodraht 1 erzeugt, die sich aufgrund der geringen Dämpfung im Nanodraht bis zu seinem anderen Ende fortpflanzen und hier wieder Photonen, die abgestrahlt werden, erzeugt. Diese Photonen werden mit herkömmlichen Mitteln detektiert.

#### Patentansprüche

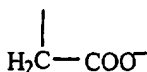
1. Verfahren zum Herstellen von Nanodrähten, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte aufgrund einer chemischen Reaktion in einer flüssigen Lösung auf eine Länge anwachsen, die mindestens dem zweihundertfachen ihres Durchmessers entspricht und während ihres Wachstumsprozesses an höchstens einem Ende einen Kontakt zu einem Festkörper haben.
2. Verfahren zum Herstellen von Nanodrähten, dadurch gekennzeichnet, daß Metallatome in einer Lösung an einem in der Lösung zumindest mit einem Ende befindlichen Nanodraht angelagert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte während ihres Wachstumsprozesses in der flüssigen Lösung frei schwebend sind.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte auf mindestens eine Länge anwachsen, die dem tausendfachen ihres Durch-

messers entspricht.

5. Verfahren nach bisherigen Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der flüssigen Lösung um eine wässrige Lösung handelt.

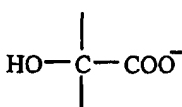
6. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich in während des Abscheideprozesses eine Moleküleinheit  $\text{-COO}^-$  befindet.

7. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich in während des Abscheideprozesses eine Moleküleinheit



befindet

8. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich in während des Abscheideprozesses eine Moleküleinheit



befindet.

9. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich während des Abscheideprozesses eine Citratverbindung in der Lösung befindet.

10. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktion unter Zuhilfenahme eines Energieeintrages in die Lösung erfolgt,

11. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der chemischen Abscheidung um eine Fällungsreaktion handelt.

12. Verfahren nach vorgenannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte an speziellen in die flüssige Lösung eingebrachten Keimen wachsen.

13. Verfahren nach vorgenannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Abscheidevorgang unter mindestens einer Beteiligung des elektrischen Stromes erfolgt.

14. Vorrichtung mit gegenüber einem makroskopischen metallenen Festkörper geänderten spezifischen Eigenschaften, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um einen Drahtartigen freien Körper handelt, mit einem Durchmesser von höchstens 50 nm und einer Länge, die mindestens dem 200 fachen seines Durchmessers entspricht.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 und 22 und 23, dadurch gekennzeichnet, daß der drahtartige Körper außer an seinen Enden, auf seiner Oberfläche nur eine Rauigkeit aufweist, die kleiner ist als der zwanzigste Teil seines Durchmessers.

16. Verfahren und Vorrichtung nach vorgenannten Ansprüchen und Anspruch 22 und 23, dadurch gekennzeichnet, daß der erzeugte Nanodraht aus einem Edelmetall besteht.

17. Verfahren und Vorrichtung nach den vorgenannten Ansprüchen und Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der erzeugte Nanodraht rund ist.

18. Vorrichtung zur Kontaktierung von elektronischen Bauteilen Strukturen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktierung durch freie Drähte erfolgt, deren Durchmesser höchstens 50 Nanometer betragen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Draht leitfähige Strukturen kontaktiert werden.

20. Vorrichtung zur Leitung von elektrischen Ladungen, dadurch gekennzeichnet, daß hierfür ein freier

Draht mit einem Durchmesser von höchstens 30 nm verwandt wird.

21. Verfahren zum Sichtbarmachen und räumlichen manipulieren von Drähten im Submikrometerbereich, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte unter einer optischen Vergrößerungseinrichtung beobachtet werden, wobei Licht seitlich zu der Beobachtungsachse auf die Drähte fällt und dort Streuung verursacht und dieses beobachtet wird und die Nanodrähte unter Beobachtung räumlich manipuliert werden.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Nanodrähte mechanisch manipuliert werden.

23. Vorrichtung zur Leitung von Plasmonen, dadurch gekennzeichnet, daß hierfür ein metallischer Draht verwandt wird, der einen Durchmesser von höchstens 40 nm aufweist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht frei ist und sich nicht auf einem Substrat befindet.

25. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß hierfür ein metallischer Draht verwandt wird, der einen Durchmesser von höchstens 30 nm aufweist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1

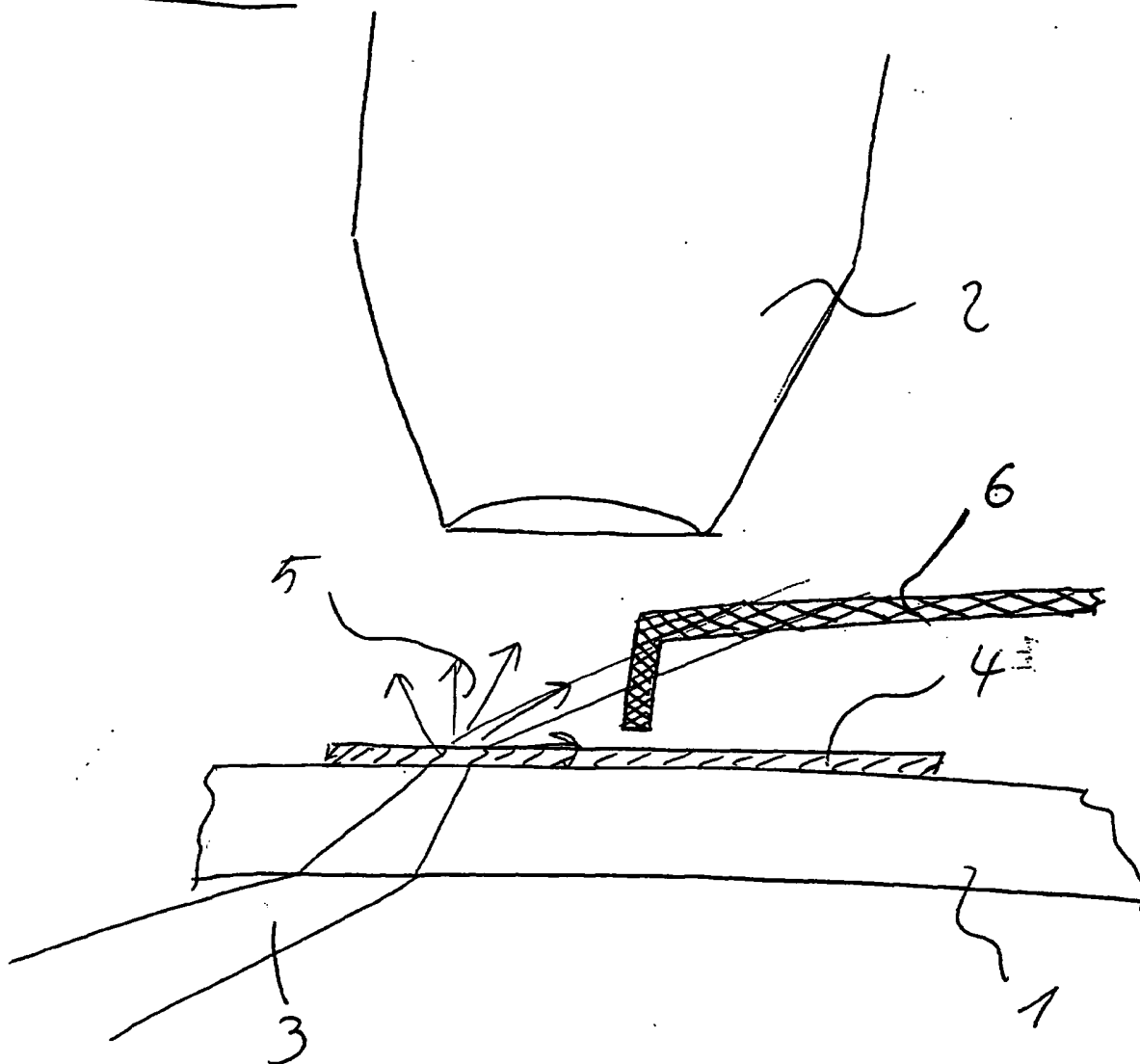


Fig. 2

